

Л. С. Молчанов, д-р техн. наук К. Г. Нізяєв, д-р техн. наук Б. М. Бойченко,
канд. техн. наук О. М. Стоянов, Є. В. Синегін

Національна металургійна академія України, м. Дніпропетровськ

ПОЗАПІЧНА ДЕСУЛЬФУРАЦІЯ РІДКОГО ЧАВУНУ В КОНТЕКСТІ ЗАВДАНЬ ВІТЧИЗНЯНОЇ МЕТАЛУРГІЇ

Розглянуто актуальні питання позапічної десульфурзації рідкого чавуну. У ній проаналізовано основні переваги та недоліки існуючих технологій видалення сірки з чавуну. Визначені найбільш перспективні технології позапічної десульфурзації чавуну для вітчизняних підприємств.

Ключові слова: рідкий чавун, позапічна десульфурация, енергоємність, моделювання.

Вступ

Виробництво якісних марок сталей пов'язане з отриманням гарантовано низького вмісту шкідливих домішок у кінцевому продукті. Оскільки видалення сірки з залізо-вуглецевого розплаву значно ускладнене безпосередньо у плавильному агрегаті через теродинамічні особливості цього процесу (потрібні низька окисленість шлаку, високий вміст СаО у шлаці, відносно низька температура розплаву), то на більшості сучасних підприємств операція видалення сірки з розплаву здійснюється позаплавильним агрегатом.

У сучасних умовах світової інтеграції для вітчизняної металургії дуже гостро постають питання відповідності кінцевої продукції стандартам ISO 90001, тому метою цієї роботи є визначення найбільш перспективних технологій позапічної десульфурзації чавуну для вітчизняних умов.

Матеріали та методика досліджень

У ході виконання дослідження проведено аналіз технологічних особливостей процесів, реагентів-десульфураторів та результатів, які досягаються при використанні різних технологій позапічного видалення сірки з розплаву. У разі технологічних особливостей процесів позапічної десульфурзації розглядали режими введення реагенту-десульфуратора у розплав, а також необхідність у використанні додаткового обладнання безпосередньо на робочій ділянці. Аналіз реагентів-десульфураторів передбачав визначення хімічного складу та витрат на десульфурацию. Ефективність результатів позапічного видалення сірки з розплаву визначали за показниками максимального ступеня десульфурзації розплаву, який

може бути досягнутий за використання певного реагенту-десульфуратора у визначеній кількості. Для визначення енергоефективності проведено моделювання впливу ступеня десульфурзації на приріст енергоємності найбільш вдалим технологій позапічної десульфурзації розплавів. Моделювання проводилося на математично-статистичних моделях, які розроблені співробітниками кафедри металургії сталі Національної металургійної академії України.

За результатами проведеного дослідження визначені кращі за основними показниками технології позапічної десульфурзації, що найбільше відповідають умовам вітчизняних металургійних підприємств.

Теорія та аналіз отриманих результатів

Результати проведення порівняльного аналізу існуючих технологій позапічної десульфурзації залізо-вуглецевих розплавів наведені у таблиці 1.

Порівняльний аналіз ефективності застосування різних технологій позапічної десульфурзації представлено на рис. 1.

Таким чином, відповідно до представлених даних найбільш ефективними є технології інжекції сумішей на основі одного магнію або з вапном, технологія ДГВ, а також обробка екзотермічними брикетами, що розроблена нами в останні роки [11]. Це викликано використанням для рафінування такого активного реагенту, як металевий магній та можливістю його подачі безпосередньо в глибину рідкого металевого розплаву.

Порівняльний аналіз максимальної витрати десульфураторів, що застосовують у різних технологіях позапічної десульфурзації, наведено на рис. 2.

Таблиця 1 – Результати порівняльного аналізу технологій позапічної десульфурації чавуну

№ п/п	Назва технології	Особливості введення	Склад реагенту, %	Витрата реагенту, кг/т розплаву	Ступінь десульфурації, %	Джерело
1.	Обробка твердими шлаковими сумішами (ТШС)	Уводять на поверхню розплаву при наповненні залитного ковша	CaO = 65–85; CaF ₂ = 10–25; Al = 5–10	15–20	30–75	[1, 2]
2.	Обробка рідкими синтетичними шлаками (РСШ)	РСШ Уводять в рідкому стані в ківш перед його наповненням	CaO = 50–65; SiO ₂ ≤ 3; Al ₂ O ₃ = 30–45; MgO = 3–5; FeO ≤ 1; CaF ₂ ≤ 10	10–50	60–80	[3]
3.	Обробка Na ₂ CO ₃ *	Порошок Na ₂ CO ₃ вдувають в об'єм рідкого розплаву через фурму в потоці газу-носія	Na ₂ CO ₃ ≈ 100	5–10	80–90	[4, 5]
4.	Обробка порошко-подібного сумішшю, що містить вапно	Суміш подають на поверхню розплаву, який переміщується роторною мішалкою та інертним газом	CaO = 90; CaF ₂ = 5; кокс = 5	5–10	60–80	[6, 7]
5.	Інжекція сумішей на основі вапна та магнеїю	Реагент інjektують в об'єм рідкого розплаву через фурму в потоці інертного газу-носія	Mg = 30; CaO = 70	5–8	95–98	[8, 9]
6.	Інжекція сумішей на основі магнеїю	Гранульований магнеїй, покритий солями натрію, інjektують в об'єм рідкого розплаву через фурму в потоці природного газу	Металевий магнеїй ≈ 100	0,3–0,5	95–99	[4, 7]
7.	Уведення магнеїю в кусках	Куски магнеїю вводять у випарниках дзвоноподібної форми в об'єм рідкого розплаву	Металевий магнеїй ≈ 100	1,0–8,0	50–60	[5, 7]
8.	Обробка за технологією дугового глибинного відновлення (ДГВ)	Активний реагент уводять у формі оксиду, який відновлюється безпосередньо в об'ємі розплаву за рахунок теплоти електричної дуги	Al = 15–25; MgO = 25–65; CaO = 25–50	1,5–3,0	90–98	[10]
9.	Обробка магнеїєм, що відновлений за рахунок тепла суміжних хімічних реакцій у об'ємі рідкого металевого розплаву	Із суміші, що містить оксиди магнеїю, кальцію, заліза та металевий алюміній, формують брикети, які вводять у ківш при наповненні	MgO = 10–20; CaO = 5–10; Al = 20–30; FeO = 40–65	1,5–2,0	65–85	[11]
10.	Обробка порошковим дротом	Порошковий дріт, що містить активний реагент, уводять безпосередньо в об'єм розплаву за допомогою трайбапаратів	Mg = 78; CaC ₂ = 22	0,3–0,6	50–60	[5]

Примечание: * – використання Na₂CO₃ потребує застосування систем аспірації та газоочистки

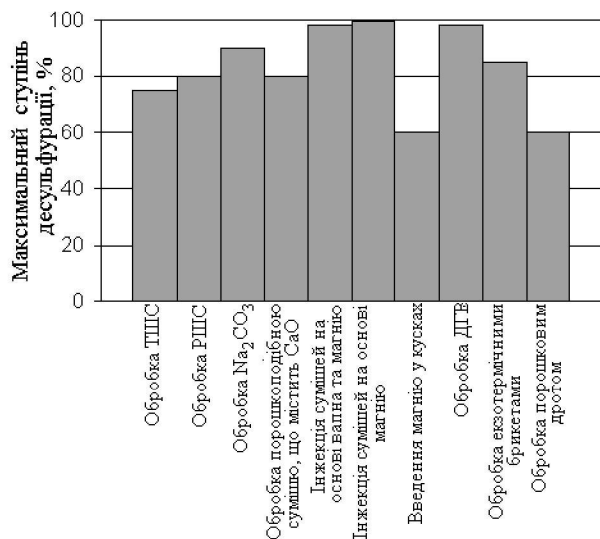


Рис. 1. Порівняльний аналіз максимального ступеня десульфурзації розплаву при обробці за різними технологіями позапічного рафінування

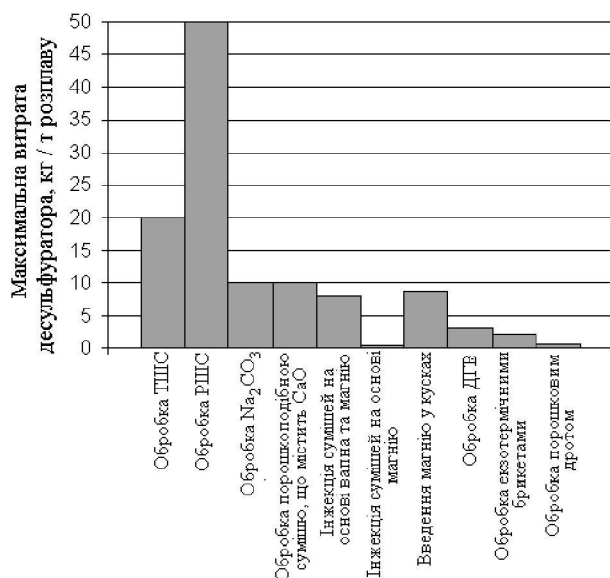


Рис. 2. Порівняльний аналіз максимальної витрати десульфураторів, що застосовують у різних технологіях позапічної десульфурзації

Відповідно до даних рис. 2, найменш витратними є технології інжектування сумішей на основі магнею, ДГВ, обробка порошковим дротом та екзотермічними брикетами. У них витрата активного реагенту становить менше 5 кг/т розплаву, що викликано використанням більш активних реагентів та успішною організацією їх засвоєння безпосередньо в об'ємі рідкого розплаву.

Порівняння енергоефективності найбільш вдалих технологій з позаагрегатної десульфурзації розплавів представлена на рис. 3. Відповідно до нього найменший приріст енергоемності викликає застосування технологій інжекції вапна, гранульованого магнею, метод ДГВ та обробка екзотермічними брикетами.

Аналізуючи технологічні особливості десульфурзації розплавів за різними технологіями, можна зробити такий висновок: більшість технологій, що розглядалися, пов'язані з використанням додаткового устаткування, розміщення якого потребує наявності вільного місця безпосередньо на виробничій ділянці. Проте технологія обробки екзотермічними брикетами не має вказаного недоліку. Серед інших ефективних технологій найменшими габаритами устаткування відрізняються технології ДГВ та обробка порошковим дротом з магнеєм.

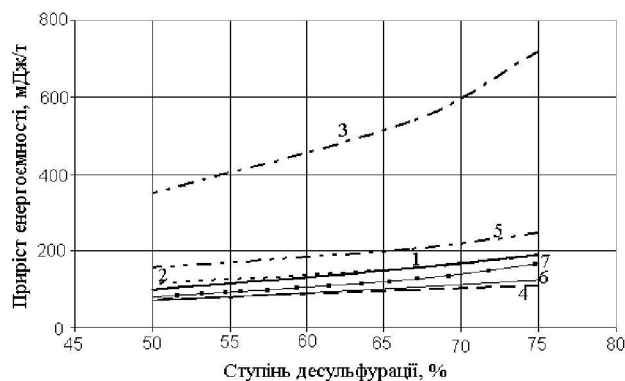


Рис. 3. Залежність приросту енергоемності чавуну від ступеню десульфурзації при використанні різних технологій:

- 1 – інжекція гранульованого магнею; 2 – інжекція суміші гранульованого магнею та вапна; 3 – введення дроту, що містить карбід кальцію; 4 – інжекція пилоподібного вапна; 5 – введення дроту, що містить магній; 6 – обробка екзотермічними брикетами, що містять оксид магнею; 7 – десульфурация магнеєм, який відновлено з оксиду за рахунок теплоти електричної дуги

Враховуючи наведене вище, для використання на вітчизняних підприємствах можна рекомендувати технології інжектування сумішей на основі магнею та магнею з вапном, ДГВ. Проте їх упровадження потребує наявності вільного місця безпосередньо біля робочої ділянки для встановлення додаткового устаткування та проведення часткової модернізації виробничого циклу. Тому для виробництв, де використання зазначених вище технологій утруднене, запропоноване використання технології обробки розплаву екзотермічними брикетами та використання порошкового дроту з магнеєм.

Дотримання зазначених вище рекомендацій дозволить упровадити операції позапічної десульфурзації рідкого чавуну на всі вітчизняні металургійні підприємства, що підвищить загальну конкурентоздатність металургійної промисловості України.

Висновки

1. Розглянуті сучасні технології позапічної десульфурзації залізо-вуглецевих розплавів.
2. Проаналізовані технологічні особливості та основні показники застосування різних технологій позапічного видалення сірки з рідких чавунів.

3. У контексті завдань вітчизняної металургії визначені технології ефективні та енергозаощаджувальні.

Список літератури

1. Десульфурация конвертерной стали в ковше кусковыми и порошкообразными шлаковыми смесями на основе извести / [Поживанов А. М., Поляков В. Ф., Одинцов В. А. и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1991. – № 3. – С. 13–15.
2. Борнацкий И. И. Внепечное рафинирование чугуна и стали / Борнацкий И. И., Мачикин В. И., Живченко В. С. – К. : Техника, 1979. – 168 с.
3. Эффективность использования известково-глиноземистого шлака при внепечной обработке стали / [Фетисов А. А., Кузовков А. Я., Ровнушкин В. А. и др.] // Сталь. – 1990. – № 5. – С. 24–26.
4. Величко О. Г. Технології підвищення якості сталі / О. Г. Величко, Б. М. Бойченко, О. М. Стоянов. – Дніпропетровськ : Системні технології, 2009. – 234 с.
5. Поживанов М. А. Внепечная металлургия чугуна / Поживанов М. А. – К. : ФТИМС НАН Украины. – 2006. – 78 с.
6. Носкова Т. В. Обработка стали вне плавильного агрегата порошкообразными реагентами / Носкова Т. В., Перевалов Н. Н. // Ин-т «Черметинформация», 1981. – Обзор информ. Сер. Сталеплавильное производство. – Вып. 1. – 38 с.
7. Бойченко Б. М. Конвертерне виробництво сталі : теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія : підручник / Бойченко Б. М., Охотський В. Б., Харлашин П. С. – Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-ВАЛ», 2006. – 456 с.
8. Dukelow Donald A. Denelphunijation of National Steel Corporation / Dukelow Donald A. // Proc. Low-Sulphur Steel. Symp. Ann Arbor. – Mich. – 1985. – 107 p.
9. Ехансон Р. Инжекционная металлургия / Ехансон Р. // Труды Международной конференции. Лüleа (Швеция). – М. : Металлургия. – 1982. – С. 174–181.
10. Экспериментальные исследования десульфурации чугуна магнезитом в условиях ДЗПВ / [К. Г. Низяев, А. Г. Величко, Б. М. Бойченко и др.] // Теория и практика металлургии. – 2001. – № 6. – С. 16–19.
11. К вопросу о десульфурации чугуна магнезитосодержащими брикетами / [Л. С. Молчанов, К. Г. Низяев, Б. М. Бойченко и др.] // Бюллетень НТИЭИ «Черная металлургия». – 2012. – № 12. – С. 47–49.

Одержано 28.08.2013

Молчанов Л.С., Низяев К.Г., Бойченко Б.М., Стоянов А.М., Синегин Е.В. Внепечная десульфурация жидкого чугуна в контексте задач отечественной металлургии

Рассмотрены актуальные вопросы внепечной десульфурации жидкого чугуна. В ней проанализированы основные достоинства и недостатки существующих технологий обессеривания чугуна. Определены наиболее перспективные технологии внепечной десульфурации чугуна для отечественных предприятий.

Ключевые слова: жидкий чугун, внепечная десульфурация, энергоёмкость, моделирование.

Molchanov L., Nizyaev K., Boychenko B., Stoyanov A., Sinegin E. Ladle desulphurization of liquid iron in context of the tasks of national industry

Actual tasks of ladle desulphurization of hot metal are discussed. Main advantages and disadvantages of existing technologies of hot metal desulphurization are analyzed. Most perspective technologies of hot metal desulfurization for Ukrainian steelmaking plants are determined.

Key words: liquid iron, ladle desulphurization, energy consumption, modeling.